

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2003-158425

(P2003-158425A)

(43) 公開日 平成15年5月30日 (2003.5.30)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

H 0 3 D 7/14

識別記号

F I

H 0 3 D 7/14

テマコード(参考)

A

C

審査請求 未請求 請求項の数9 OL (全6頁)

(21) 出願番号 特願2002-287302(P2002-287302)

(22) 出願日 平成14年9月30日 (2002.9.30)

(31) 優先権主張番号 0 1 1 2 5 0 9

(32) 優先日 平成13年9月28日 (2001.9.28)

(33) 優先権主張国 フランス (F R)

(71) 出願人 590000248

コーニンクレッカ フィリップス エレク  
トロニクス エヌ ヴィ

Koninklijke Philips  
Electronics N. V.

オランダ国 5621 ペーアー アインドー  
フェン フルーネヴァウツウェッハ 1  
Groenewoudseweg 1,  
5621 BA Eindhoven, Th  
e Netherlands

(74) 代理人 100075812

弁理士 吉武 寛次 (外5名)

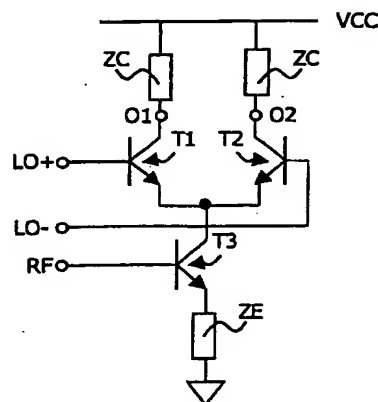
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 低周波数動作時のノイズ指数が低いミキシング回路

(57) 【要約】

【課題】  $1/f$  ノイズを選択的に最小限に抑制する。

【解決手段】 本発明は、第1の信号RFと第2の信号LOとをミキシングするミキシング回路であって、第1の信号RFを電流に変換する変換ステージT3と、上記電流と第2の信号LOとをミキシングするミキシングコアT1、T2とを有し、上記ミキシングコアが少なくとも一つの負荷素子ZCを介して負荷を受けるミキシング回路に関する。上記回路は、出力信号中に存在する周波数に反比例するノイズに対する一つ又は複数の負荷素子ZCの関与を考慮するノイズ最適化手段を有している。特に上記負荷素子は、誘導抵抗若しくはシリコン抵抗から選択され、又は、周波数に反比例するノイズを最適化するように選択されたサイズの抵抗によって構成される。本発明は、簡単な超小型電子抵抗形成プロセスにより、低周波数において非常に良好な性能を有するミキサを提供することができる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】第 1 の信号と第 2 の信号とをミキシングするミキシング回路であって、前記第 1 の信号を電流に変換する変換ステージと、前記電流と前記第 2 の信号とをミキシングするミキシングコアであって少なくとも一つの負荷素子を介して負荷を受けるミキシングコアと、ノイズ最適化手段とを有するミキシング回路において、前記ノイズ最適化手段は、出力信号中に存在する周波数に反比例するノイズに対する一つ又は複数の負荷素子の関与を考慮することを特徴とするミキシング回路。

【請求項 2】前記ノイズ最適化手段は、一つ又は複数の負荷素子において実施される周波数に反比例するノイズを低減する手段を含むことを特徴とする請求項 1 に記載のミキシング回路。

【請求項 3】前記負荷素子は、誘導抵抗及びシリコン抵抗によって構成されるグループの素子から選択されることを特徴とする請求項 2 に記載のミキシング回路。

【請求項 4】前記ミキシングコアの少なくとも一つの負荷素子は、周波数に反比例するノイズを低減するように計算されたサイズを有する抵抗であることを特徴とする請求項 2 に記載のミキシング回路。

【請求項 5】前記負荷抵抗は、幅に対する長さの割合が一定のままになるように計算されることを特徴とする請求項 4 に記載のミキシング回路。

【請求項 6】前記第 1 の信号の周波数と前記第 2 の信号の周波数との間の差がゼロであることを特徴とする請求項 1 乃至 5 のいずれかに記載のミキシング回路。

【請求項 7】差動構造を有していることを特徴とする請求項 1 乃至 6 のいずれかに記載のミキシング回路。

【請求項 8】請求項 1 乃至 7 のいずれかに記載の信号ミキシング回路を含むことを特徴とする信号処理装置。

【請求項 9】請求項 8 に記載の信号処理装置を含むことを特徴とする遠距離通信システム又は無線通信システム。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、第 1 の信号と第 2 の信号とをミキシングするミキシング回路であって、第 1 の信号を電流に変換する変換ステージと、前記電流と第 2 の信号とをミキシングするミキシングコアであって少なくとも一つの負荷抵抗によって制御されるミキシングコアと、ノイズ最適化手段とを有するミキシング回路に関する。

【0002】一般に、本発明は、信号処理のためのアナログ回路の分野、特に、遠距離通信及び無線通信に関する。

## 【0003】

【従来の技術】そのようなミキシング回路は、特許 EP 0232560 号から知られている。ミキシング回路は、負荷抵抗と、出力を電流に変換する変換回路とに接

続された二つのトランジスタを有している。変換回路からの出力は、トランジスタのエミッタに接続されている。一実施形態において、ノイズ最適化手段は、レジスタによって形成される分路を有している。この分路により、抵抗内でノイズの一部を吸収することにより、ノイズを最小限に抑制することができる。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】本発明は、現在の最新技術の回路が、出力信号における周波数に反比例する高いノイズを有している事実を考慮する。以下、この高いノイズを  $1/f$  ノイズと称する。この  $1/f$  ノイズは、出力信号の周波数が低いときに問題となる。この  $1/f$  ノイズは、特に、信号増幅が主にミキシング後に行われる場合、一つのミキシング回路によって信号がベースバンドに直接に変換されるとき等に、悪影響を及ぼす。また、変調帯域が狭いシステムにおいて問題を引き起こす可能性がある。

【0005】従って、本発明の目的は、 $1/f$  ノイズを選択的に最小限に抑制することである。

## 【0006】

【課題を解決するための手段】実際に、序文で説明した回路は、本発明においては、ノイズ最適化手段が  $1/f$  ノイズに対する一つ又は複数の負荷素子の関与を考慮することを特徴としている。

【0007】有利な実施形態において、前記ノイズ最適化手段は、一つの負荷素子、あるいは、適用可能な場合には、複数の負荷素子中で実施される  $1/f$  ノイズを低減する手段を有している。

【0008】第 1 の好ましい実施形態において、負荷素子は、シリコン抵抗及び誘導抵抗によって構成されるグループから選択される。

【0009】第 2 の好ましい実施形態において、ミキシングコアの少なくとも一つの負荷素子は、 $1/f$  ノイズを低減するように計算されたサイズを有する抵抗である。

【0010】特に、負荷抵抗のサイズは、幅に対する長さの割合が一定となるように有利に計算することができる。

【0011】実際に、本発明は、負荷抵抗を必要とする任意の信号ミキサに関する。特に、トランジスタを使用する総てのミキサに関連している。実際に、そのようなミキサは、トランジスタを動作領域に置いて電流-電圧変換を達成するために負荷素子を必要とする。特に、本発明は、例えばギルバートセル等の差動構造を有するミキサを網羅する。前記ミキサは、周波数変換が行なわれる信号処理装置、即ち、コードレス電話、DECT 型の電話、携帯電話、衛星放送受信器等で使用される。また、本発明は、信号処理を受信側、送信側、又は、必要ときにいつでも行なうことができる信号処理装置に関する。

【0012】本発明のこれらの形態及び他の形態は、後述する実施形態を参照することにより、明白となり且つ解明される。

#### 【0013】

【発明の実施の形態】低周波ノイズで性能が低いミキサは、信号にノイズを加えることにより、システムの感度がしばしば低下する。このノイズは、本質的に  $1/f$  ノイズである。このノイズは、総ての活性要素及び特定の受動素子に存在する。このノイズの源は様々であるが、主に、汚染物や結晶の欠陥に関連するトラップによって引き起こされる。一般に、このノイズは、従来のミキシング構造において考慮されていない。このノイズは、このノイズを避けることが出来ない活性素子を実際に備える構造自体に固有のものであるとみなされている。本発明は、負荷素子、特にトランジスタの負荷に現在使用されている抵抗がノイズに大きく関与しているという発見に基づいている。実際に、本発明において、ノイズ最適化手段は、 $1/f$  ノイズに対する一つの負荷素子、あるいは、適用可能な場合には、複数の負荷素子の関与を考慮する。

【0014】図1及び図2は、一般に使用されるミキシング回路の図である。図1は、大部分の信号LOを出力部（O1、O2）に有するという欠点を持つ単純な回路を示している。図2は、第1の構造の欠点を軽減する差動構造を有している。この図2においては、回路が差動構造をなしているため、LO信号の影響が抑制される。図2のミキシング構造は、ギルバート・セルとしてよく知られている。一つ又は複数の負荷素子内で  $1/f$  ノイズを軽減する手段をノイズ最適化手段が有している有利な実施形態に係るこれら二つの各アセンブリに本発明を使用することが有益である。以下、これらのアセンブリについて説明する。

【0015】図1のミキシング回路は、出力信号RFを電流に変換するトランジスタT3と、二つのトランジスタT1、T2とを有している。トランジスタT1、T2は、トランジスタT3によって供給される電流と、差動形態で各トランジスタT1、T2に供給される信号LO+、LO-とをミキシングする。従来、これら二つのトランジスタは、 $1/f$  ノイズに関して最適化されない二つのインピーダンスZCによって負荷を受ける。前記インピーダンスは、トランジスタに負荷を与えることができる所定の電圧VCCに連結されている。図1の回路が低出力周波数で動作しなければならない場合、信号が出力部において  $1/f$  ノイズの影響を受け、その結果、ミキシング回路の性能が低下することがある。次に、この回路は、トランジスタの分極によってミキサの線形動作領域を保つことができないため、高出力において良好に機能しない。ミキシング分野において一般になされているように、インピーダンスZEは、単純な抵抗であってもよく、あるいは、トランジスタT3の誘導変性を生じ

させる誘導抵抗であってもよい。

【0016】図2のミキシング回路は、図1に示されるような二つのセルを並列に含んでいる。この差動構造によって、高出力における図1の回路の問題が解決される。また、この差動構造によれば、高出力によって二つの回路側の機能が損なわれる場合であっても、実際に、回路の一方側又は他方側から信号を回収することができる。この差動構造において、出力信号は、二つの補助信号RF+、RF-の形態をなして、二つの入力部からミキシング回路に供給される。これらの信号は、2対のトランジスタTRP1、TRP2を使用して、信号LO+、LO-とミキシングされる。トランジスタTRP1、TRP2は、二つの負荷素子ZC及び電圧VCCによって負荷を受ける。図2の回路が低出力周波数で機能しなければならない場合、信号は、ミキシング回路の性能を低下させる  $1/f$  ノイズの影響を出力部で受ける場合がある。トランジスタが  $1/f$  ノイズを形成することは知られている。本発明は、この避けられないノイズについて考慮することはしないが、負荷素子によって形成される  $1/f$  ノイズと、これらの負荷素子がノイズに大きく関与しているという事実とを考慮する。

【0017】図3は、 $1/f$  ノイズに関する本発明の効果を示している。図示のグラフは、ノイズ指数NFを、ミキサの出力周波数Nの関数として、dBで示している。曲線SRは、標準的な負荷素子を使用して行なわれた負荷に対応している。この場合、これらの負荷素子は、負荷素子のサイズ及び種類に関する伝統的な基準に従って選択される。一般に、構成要素のサイズを選択する基準は、以下の通りである。トランジスタの場合、サイズは、入力信号の周波数に応じた最良の周波数変化を生ずることを許容するように選択される。抵抗の場合、サイズは、抵抗間で最良の組み合わせが得られるように決定される。曲線SRにおけるノイズパターンは、二つの異なる主要な領域、即ち、高周波において熱雑音から生じる最小ノイズの領域HFと、周波数が低下するときが増大する、分配又は再結合のノイズである  $1/f$  ノイズの領域LFとを有している。 $1/f$  ノイズは、曲線SRの場合に非常に大きい。このノイズは、トランジスタから生じ、また、本発明が使用を提案する無視できない割合で、負荷素子の特性から生ずる。第2の曲線ERは、本発明の様々な実施形態の説明において以下に述べられる第2の好ましい実施形態に係る回路において得られる。尚、 $1/f$  ノイズに関する本発明の効果は非常に大きい。本発明は、これらの曲線に関する負荷素子の影響の発見に基づいている。この影響は、特に、ポリシリコンや金属等からなる従来の抵抗の粒状構造に起因している。

【0018】第1の好ましい実施形態において、負荷素子は、シリコン抵抗及び誘導抵抗からなるグループの素子から選択される。この解決策は、シリコン抵抗又は誘

導抵抗を回路に使用できる場合に考慮される。しかしながら、誘導抵抗は、常に使用することができるとは限らず、また、シリコン抵抗は、ミキサと基板との結合を高めるという欠点を有している。

【0019】第2の好ましい実施形態において、ミキサコアの少なくとも一つの負荷素子は、 $1/f$ ノイズを減少するべく計算されたサイズを有する抵抗である。実際に、負荷素子のサイズを大きくすることにより、 $1/f$ ノイズを伴う負荷素子の作用を改善することができる。この解決策は、大抵の場合、必要な空間が誘導抵抗よりも少ないという利点を有している。実際に、ミキサ出力が低周波である場合、誘導抵抗は、後述する技術に係る拡大抵抗よりも大きな空間を必要とする。本発明によれば、負荷素子のサイズは、新しい設計基準に従って選択される。この基準は、トランジスタの $1/f$ ノイズに対して無視できる $1/f$ ノイズに寄与し得るサイズを選択することからなる。抵抗の作用は、以下の等価ノイズ電流 $i_n$ を与える。

【数1】

$$i_n^2 = \frac{\frac{K_F}{W \times L} \times I_{AF}}{f} + \frac{4kT}{R}$$

ここで、AFは、例えば2に等しい指数である。

【0020】W、Lはそれぞれ、抵抗の幅及び長さである。第1の成分は $1/f$ ノイズを表わしており、第2の成分は熱雑音を表わしている。ここで、 $1/f$ ノイズを減らすためには、寸法W、Lを大きくしなければならないことが分かる。半導体回路における要求には大きすぎるサイズと $1/f$ ノイズとの兼ね合いを図るため、ミキサコアのトランジスタ対によって発生させられて以下の式により表わされる $1/f$ ノイズと比較することが有益である。

【数2】

$$i_n^2 = K_{\alpha} \times \frac{I_B^2}{f} + K_{\beta} \times \frac{I_B}{f}$$

この式は、トランジスタの入力部での等しいノイズ電流を表わしている。トランジスタの入力部とミキサの出力部との間に伝達関数（信号LOの特性に応じた伝達関数）を適用することにより、二つのノイズ源を直接に比較して、抵抗のサイズを選択することができる。このような選択は、 $1/f$ ノイズに対する抵抗の関与を、トランジスタのそれよりも小さく保つために行なわれる。従って、 $1/f$ ノイズは、構成要素のサイズを決定する方法を使用して、弱い状態に維持される。

【0021】しかしながら、抵抗の幅に対する長さの割合が抵抗値に影響を及ぼす点に注意しなければならない。この場合、抵抗値は、前記割合が一定のときに一定に保たれる。実際に、材料の抵抗は以下の公式に従う。

$$R = \rho L / S \quad S = e \times W$$

ここで、 $\rho$ は比抵抗、Lは長さ、Wは幅、eは厚さであ

る。マイクロエレクトロニクスにおいては、電気抵抗を得るために、所定の厚さを有する層が堆積される。従って、 $\rho$ 及びeは一定である。この場合、RはL/Wに正比例する。この抵抗の寸法を変えて、幅に対する長さの割合を一定に保つことが有益となる場合がある。この場合、抵抗値は変化しない。従って、幅に対する長さの割合を一定に保ちつつ抵抗のサイズを変えれば、抵抗値によって決まる熱雑音は一定のままである。

【0022】 $1/f$ ノイズは、 $I / (W \cdot L \cdot f)$ に比例する。ミキサは、抵抗値及び電流を設定する特定の線形な増幅率を有していなければならない。従って、値W、Lだけを変更することができる。即ち、これらの二つの値W、Lを同時に同じ割合で増大させ、Rを変えせずに、 $1/f$ ノイズを低減することが有益である。図3に示される例は、以下の抵抗値を用いて達成される。

曲線SR：R標準      曲線ER：拡大R

R	520 $\Omega$	520 $\Omega$
W	2 $\mu m$	28 $\mu m$
L	5.2 $\mu m$	72.8 $\mu m$

このような抵抗は、その大きなサイズによって視認性が高いため、集積回路上で簡単に確認できる。このようなサイズの抵抗を製造するプロセスは、抵抗を形成するための従来のマイクロエレクトロニクス・プロセスに共通している。しかしながら、空間を大きく占めてしまうというこの欠点は、回路の非常に良好な機能によって補償することができる。 $1/f$ ノイズは、特定のアセンブリにおいて大きな障害となる可能性があり、この方法により容易に解決される。

【0023】以上は、図4に示されるような二つの連続するミキサによってではなく、一つのミキサによってミキシングが直接に行なわれるという点で、従来のミキシング回路と異なる直接ミキシング回路の例である。図4のミキサは、例えば図2において説明したミキシング回路と類似する二つのミキシングステージM1、M2からなる伝統的なミキシング回路である。従って、周波数変換が2回行なわれる。即ち、先ず最初に、周波数RFがRFからIFに変換され、その後、IFからベースバンドBB乃至0Hzに変換される。ミキサは、信号LO1=RF-IF及び信号LO2=IFを使用する。このダブルミキシングによって、 $1/f$ ノイズの問題が極力回避される。ミキサM2は、その出力部がベースバンドBBにあるため、 $1/f$ ノイズの影響を受けるように思われるかもしれない。しかしながら、このミキサは、中間の周波数IFに入力部を有しているため、電流をほとんど必要としない。この場合、方程式 $I / (W \cdot L \cdot f)$ に従って、 $1/f$ ノイズを無視できる。図5に示される直接ミキシング回路は、一つのミキサで、周波数信号LO=RFを使用して、周波数信号F=RFを周波数信号F=BBに変換する。この場合、強度は、高く、入力周波数によって設定される。また、この場合、強い $1/f$

ノイズが観察され、一般に、信号がこのノイズでかき消される。この場合に、本発明が有用であると分かる。実際には、抵抗サイズの基準が明らかにされて使用される。本発明は、多用される直接ミキシング回路の改良に関して、非常に興味深い。実際に、これらの回路は、一つのミキサで済み、従って、複雑度が低下するという利点を有している。

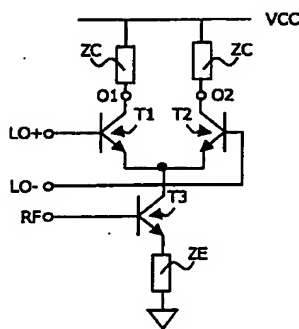
【0024】従って、本発明は、ミキシング後に高い増幅量を伴うシステムや、低周波数帯域変調システムとの関係において、特に興味深い。実際に、第一に、ミキシング後に高い増幅量を伴うシステムにおいては、次の増幅のための予備的なステージであるミキサから出力部で良好なノイズ指数が必要とされる。第二に、変調が非常に低い周波数帯域（例えば 10 kHz）である場合、変調は、 $1/f$  ノイズに大きく影響される。この場合、ミキシング回路の構造がどのようなもの（従来のミキシング回路又は直接ミキシング回路）であっても、一つ又は複数のミキサからの  $1/f$  ノイズを最適化することが必要である。

【0025】実際には、本発明は、負荷素子が必要な任意の信号ミキサに関するものである。特に、超小型電子トランジスタを使用する総てのミキサが関連している。実際に、そのようなミキサは、トランジスタを動作領域に置いて電流-電圧変換を達成するために負荷素子を必要とする。特に、本発明は、例えばギルバート等の差動構造を有するミキサを網羅する。前記ミキサは、周波数変換が行なわれる信号処理装置、即ち、コードレス電話、DECT 型の電話、携帯電話、衛星放送受信器、TV 受信器等において使用される。また、本発明は、信号処理を受信側、送信側、又は、必要なときにいつでも行

なうことができる信号処理装置に関する。

【0026】与えられた図は、本発明の特定の実施形態を示している。与えられた実施形態に従って本発明を説明してきたが、当業者であれば分かるように、与えられ

【図 1】



た実施形態には変形を施すことができ、これらの変形例は、本発明の技術的思想及び範囲内にある。本発明を使用するための多数の方法があり、当業者は、前述のクレームによって規定される技術的思想及び範囲から逸脱することなく、多数の変更を行うことができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明が有利に使用され得る最新技術に係るミキシング回路の図である。

【図 2】本発明の高い有用性を立証する差動構造を有する特定のミキシング回路の図である。

【図 3】 $1/f$  ノイズに関する本発明の効果を示している。

【図 4】中間周波数受信器の図である。

【図 5】中間周波数がゼロである受信器の動作を示している。

#### 【符号の説明】

O1, O2 出力部

RF 出力信号

T1, T2, T3 トランジスタ

LO+, LO- 信号

VCC 電圧

ZE インピーダンス

RF+, RF- 補助信号

TRP1, TRP2 トランジスタ対

ZC 負荷素子

NF ノイズ指数

N 出力周波数

F 周波数信号

M1, M2 ミキシングステージ

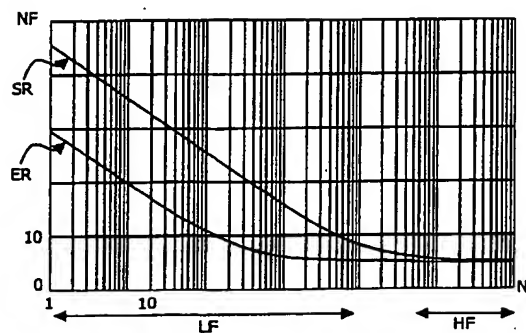
BB ベースバンド

IF 周波数

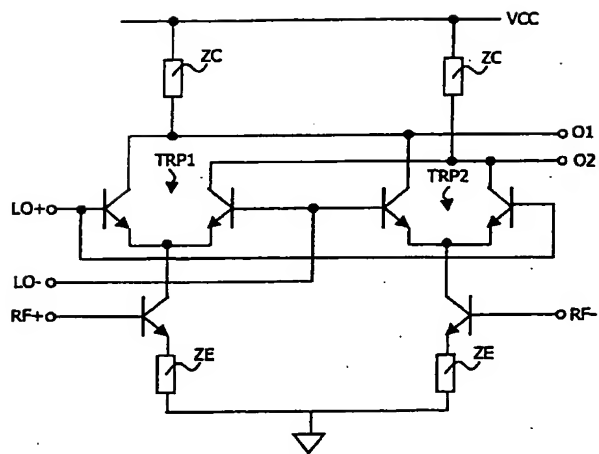
HF 最小ノイズの領域

LF  $1/f$  ノイズの領域

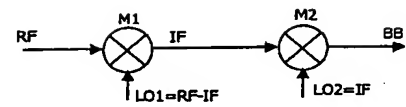
【図 3】



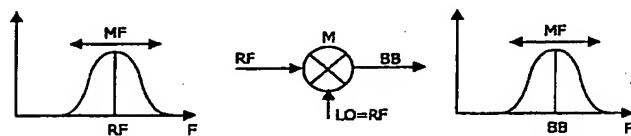
【図 2】



【図 4】



【図 5】



フロントページの続き

(72)発明者 ロラン、モンジュ  
フランス国カーン、リュ、デ、テントウリ  
エ、13